

02

빛의 굴절과 광학 기술

학습 목표 빛의 굴절을 이용해 볼록 렌즈에서 상이 맺히는 과정을 설명하고, 빛의 굴절이 반도체와 디스플레이 제작 공정에 활용됨을 설명할 수 있다.

물이 담긴 유리잔을 통해 보이는 고양이의 모습은 뒤집혀 있다. 빛의 이동 경로에 놓인 물이 담긴 유리잔이 어떤 역할을 한 것일까?



빛의 굴절

서로 다른 매질이 만나는 경계면에서 빛의 진행 방향이 꺾이는 현상을 **굴절**이라고 한다. 빛이 굴절할 때 입사각과 굴절각 사이에는 어떤 관계가 있을까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

연계 중학교 과학

빛의 굴절 원리와 특징 및 렌즈에 의한 상을 배웠다.

모의실험



준비물

- ☑ 스마트 기기
- ☑ 계산기 애플리케이션

디지털 해보기

빛이 굴절할 때 규칙성 찾기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 인터넷에서 ‘빛의 굴절’로 검색해 모의실험을 제공하는 누리집을 찾는다.
- 모의실험을 실행해 매질의 종류 중 하나를 선택한다.
- 입사각의 크기가 15°, 30°, 45°일 때 굴절각의 크기를 표에 기록한다.

- 3에서 얻은 값으로 $\frac{\sin i}{\sin r}$ 의 값을 구해 보자.

선택한 매질: ()

입사각(<i>i</i>)	굴절각(<i>r</i>)	$\frac{\sin i}{\sin r}$
15°		
30°		
45°		

- $\frac{\sin i}{\sin r}$ 의 평균값을 다른 매질을 선택한 모둠의 결과와 비교해 보고, 알게 된 사실을 이야기해 보자.



그림 Ⅲ-9와 같이 빛이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 입사각(*i*)과 굴절각(*r*)의 사인값의 비 $\frac{\sin i}{\sin r}$ 는 입사각의 크기와 관계없이 항상 일정한 값을 갖는다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{12}$$

이것을 **스넬 법칙**이라고 한다. 여기서 n_{12} 는 매질 1에 대한 매질 2의 상대 굴절률이다.

진공에 대한 매질의 상대 굴절률을 그 매질의 절대 굴절률이라고 한다. 매질 1과 매질 2의 굴절률을 각각 n_1, n_2 라고 하면 스넬 법칙을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

굴절률이 다른 매질을 통해 물체를 관찰하면 빛의 굴절에 의해 나타나는 다양한 상을 볼 수 있다. 그림 Ⅲ-10과 같이 물이 담긴 유리컵에 연필을 넣으면 연필이 실제보다 크게 보이고, 놓인 위치에 따라 잘려 보이거나 꺾여 보이기도 한다. 이는 물체에서 반사한 빛이 물에서 공기로 진행되는 과정에서 굴절하기 때문이다.



그림 Ⅲ-10 두 매질의 경계면이 곡면일 때 연필이 놓인 위치에 따라 보이는 모습

스스로 확인

- 서로 다른 매질의 경계면에 비스듬히 입사하는 빛의 진행 방향이 꺾이는 현상을 ()(이)라고 한다.
- 빛이 한 매질에서 다른 매질로 진행할 때 입사각과 굴절각의 사인값의 비는 입사각의 크기에 따라 달라진다. (○, ×)

여러 가지 물질의 굴절률

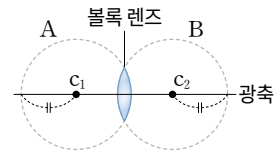
물질	굴절률
진공	1
공기 (0 °C, 1 기압)	1.00029
물(20 °C)	1.33
크라운 유리	1.52
다이아몬드	2.42

(출처: 『Fundamentals of Physics 12th』, 2021.)



*** 광축**

볼록 렌즈의 면에 접하는 구 A, B를 그릴 때 각 구의 중심 c_1 , c_2 를 잇는 직선이다.



볼록 렌즈

그림 III-11의 (가)와 같이 어떤 한 점에서 퍼져 나가는 빛은 렌즈에서 굴절한 뒤 광축에 나란하게 진행하고, 그림 (나)와 같이 광축에 나란하게 렌즈로 입사한 빛은 렌즈에서 굴절한 뒤 한 점으로 모인다. 이때 (가)와 (나)에서 빛이 모이는 점 F를 렌즈의 **초점**이라고 하며, 렌즈의 중심 O에서 초점 F까지의 거리 f 를 **초점 거리**라고 한다.

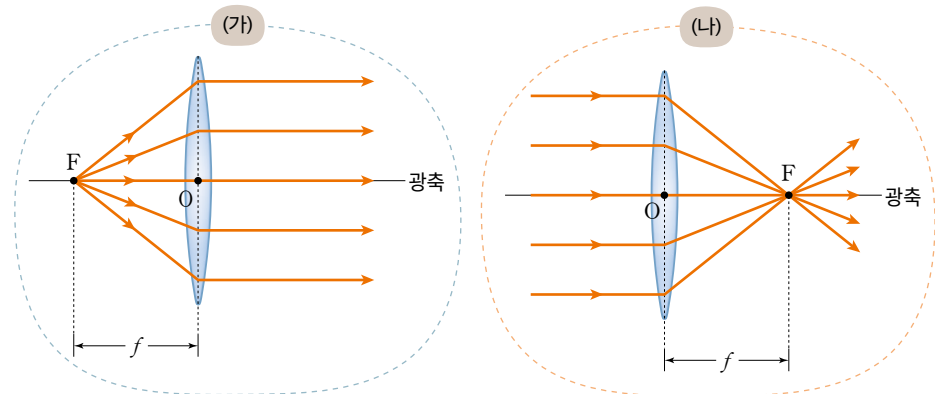
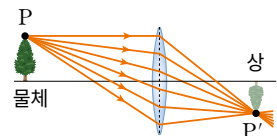


그림 III-11 볼록 렌즈의 초점

볼록 렌즈에 의한 상의 형성

물체의 한 점 P에서 반사한 광선들은 렌즈를 통과해 다시 상점 P'으로 모인다. 이처럼 물체의 각 점에 대한 상점이 모여 형성된 모습을 상이라고 한다.



광선 추적법

광축, 초점, 렌즈의 성질을 이용하면, 실험을 해 보지 않아도 그림 III-12와 같이 볼록 렌즈를 지나는 빛의 광선 경로를 예측할 수 있다. 이와 같이 광선의 예상 경로를 그려서 상의 형성을 이해하는 방법을 **광선 추적법**이라고 한다. 광선 추적법을 이용하면 볼록 렌즈에 의한 상의 위치와 크기를 알 수 있다. 이때 렌즈의 두께가 매우 얇다고 가정해 렌즈의 중심을 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진하는 것으로 그리며, 렌즈의 경계면에서 일어나는 굴절은 렌즈의 가운데에서 한 번만 굴절하는 것으로 그린다.

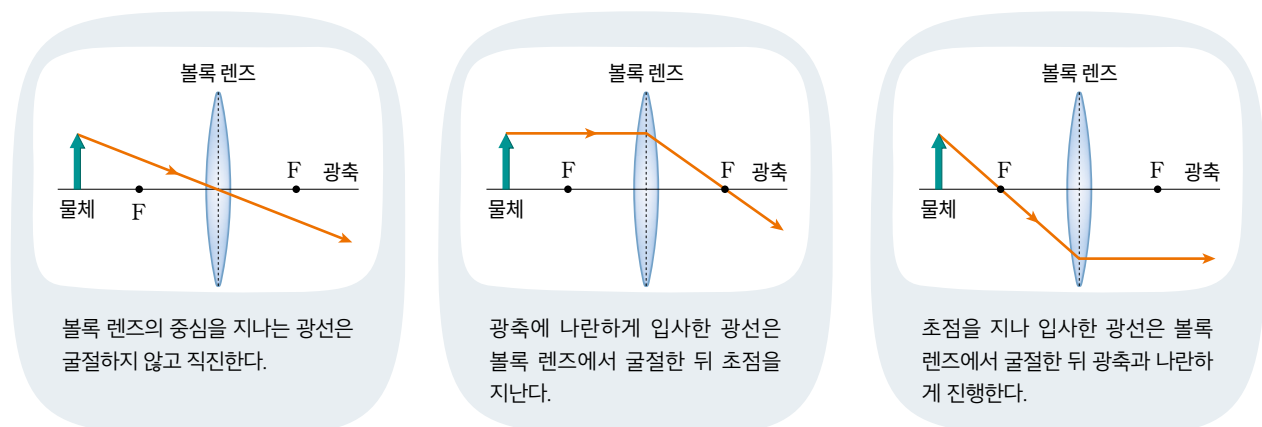


그림 III-12 볼록 렌즈를 지나는 광선의 경로

볼록 렌즈에 의한 물체의 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 길 때에는, 그림 III-13과 같이 물체의 한 점에서 퍼져 나간 빛이 렌즈를 통과한 뒤 다시 한 점으로 모여 거꾸로 선 상이 생긴다. 이와 같이 빛이 실제로 모여서 만들어진 상을 **실상**이라고 한다.

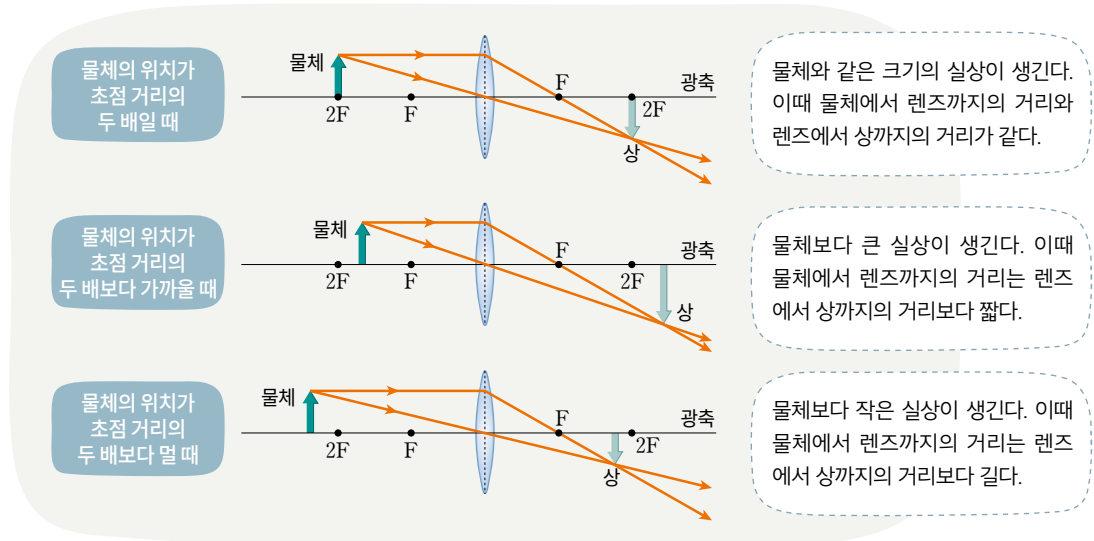


그림 III-13 볼록 렌즈에 의한 물체의 실상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧을 때에는, 그림 III-14와 같이 물체의 한 점에서 퍼져 나간 빛이 렌즈를 통과한 뒤 모이지 않으므로 실상이 맺히지 않는다. 하지만 관찰자가 렌즈를 통해 물체를 볼 때에는 눈으로 입사하는 광선의 연장선이 한 곳에서 만나게 되므로 그 지점에 물체가 있는 것처럼 관찰되며, 이와 같은 상을 **허상**이라고 한다. 이 허상은 물체보다 크고 상하좌우가 바뀌지 않으며 바로 선 모습이다.

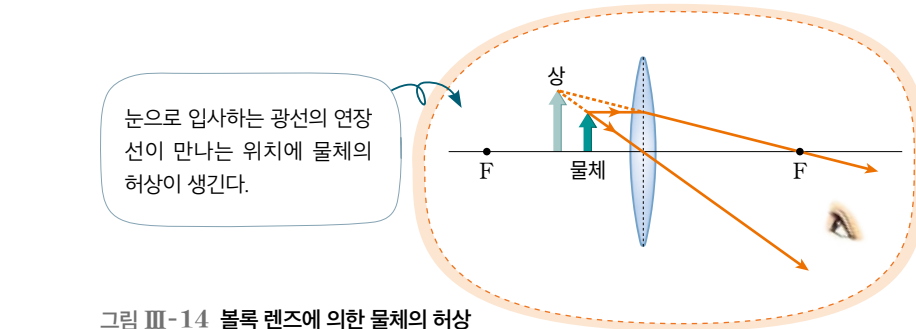


그림 III-14 볼록 렌즈에 의한 물체의 허상

스스로 확인

- 1 볼록 렌즈의 중심을 향해 입사한 광선은 굴절한 뒤 광축에 나란하게 진행한다. (○, ×)
- 2 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧으면 (실상, 허상)이 생긴다.

- 수학적 활용 / 증거에 근거한 자료 분석

실험 영상



 준비물

- ☒ 광학대
- ☒ 스크린
- ☒ 볼록 렌즈
- ☒ 광원
- ☒ 자
- ☒ 레이저 보안경

 안전

- 보안경을 쓰고, 태양이나 광원을 맨눈으로 직접 보지 않는다.
- 광원이 깨지지 않도록 조심해서 다룬다.

볼록 렌즈에 의한 실상을 관찰하여 상의 위치와 초점 거리 찾기

목표

볼록 렌즈에 의한 실상의 위치를 찾고 초점 거리를 구할 수 있다.

과정

1. 광학대에 볼록 렌즈와 스크린을 설치하고, 태양과 같이 먼 곳에 있는 물체를 향하게 한다.
2. 볼록 렌즈로부터 스크린을 조금씩 멀리 옮기며, 상이 또렷하게 맺히는 위치를 찾아 렌즈의 대략적인 초점 거리를 찾는다.



3. **과정 2**에서 찾은 거리보다 먼 곳에 광원을 놓고 볼록 렌즈로부터 스크린을 멀리 옮기면서 스크린에 맺힌 상이 또렷해지는 위치를 찾는다. 이때 광원에서 렌즈까지의 거리와 렌즈에서 상까지의 거리를 각각 측정한다.
4. 광원의 위치를 **과정 2**에서 구한 초점 거리까지 점점 가깝게 이동하면서 **과정 3**을 반복한다.

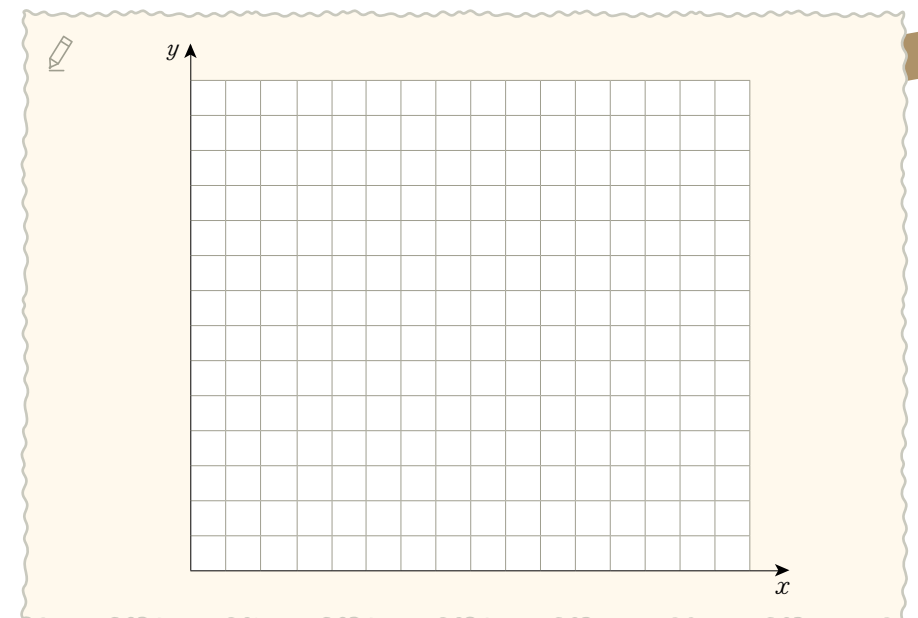


결과 및 정리

1. **과정** 3, 4에서 측정한 값을 표에 기록해 보자.

광원~렌즈 거리(cm)									
렌즈~상 거리(cm)									

2. **결과 및 정리** 1의 표에 기록한 값 중 광원과 렌즈 사이의 거리를 x 축, 렌즈와 상 사이의 거리를 y 축으로 한 그래프로 나타내 보자.



3. 그래프를 보고 x, y 사이에 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.



4. x, y 의 크기가 같은 점의 위치는 어디인가? 이 점이 갖는 의미에 대해 설명해 보자.



5. 실험에 사용한 볼록 렌즈의 초점 거리를 구해 보자.

스스로 평가 

- | 지식·이해 |** 광원의 위치에 따른 상의 위치를 나타낸 그래프에서 렌즈의 초점 거리를 찾는 방법을 설명할 수 있는가? ✎ ☆☆☆
 - | 과정·기능 |** 광원, 볼록 렌즈, 스크린을 설치하고 상이 맺히는 위치를 찾을 수 있는가? ✎ ☆☆☆
 - | 가치·태도 |** 모둠원과 서로 협력하고 배려하면서 실험했는가? ✎ ☆☆☆

탐구 후기



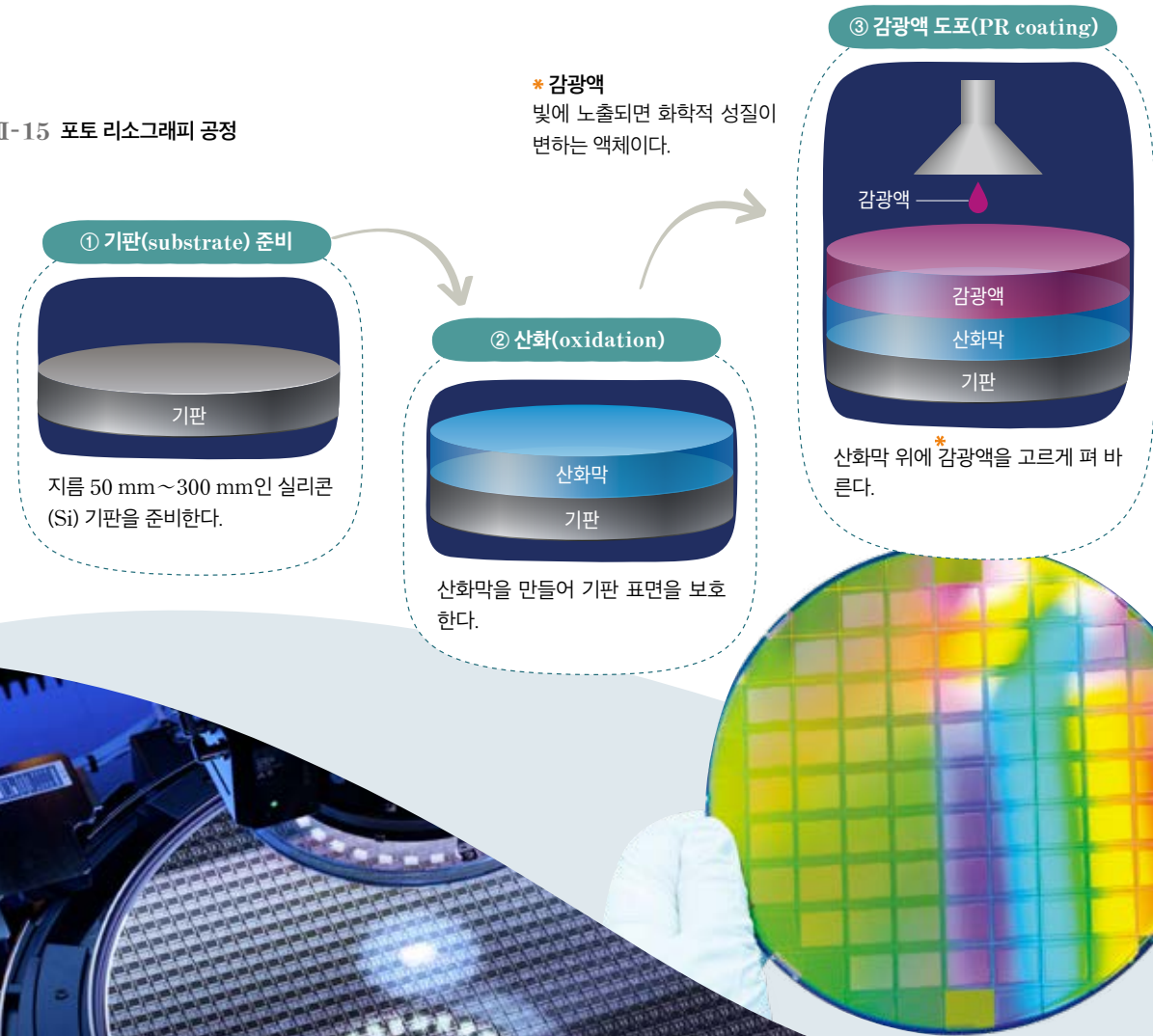
* 디스플레이
전기 신호를 화면으로 볼 수 있게
나타내는 장치이다.

광학 기술과 포토 리소그래피

광학 기술은 반도체와 * 디스플레이 제작 공정에 중요하게 사용하고 있다. 반도체 소자나 디스플레이 제작 공정에서 매우 정밀한 회로를 기판에 인쇄하는 데 ‘포토 리소그래피(photo lithography)’라는 광학 기술을 사용한다.

그림 III-15와 같이 포토 리소그래피는 사진 인쇄 기술과 비슷하게 빛을 이용해 미세한 회로 무늬를 기판에 새긴 뒤, 필요한 부분만 남기고 필요 없는 부분을 깎아 내며 원하는 형태의 회로를 만드는 것이다.

그림 III-15 포토 리소그래피 공정



기계를 이용해 물리적으로 회로 무늬를 그리는 방식으로는 미세 회로를 정밀하게 만들 수 없기 때문에 정밀 광학 기술을 이용한 노광 과정을 통해 미세 회로를 만든다. 그림 III-16과 같이 빛을 마스크로 보내 마스크에 새겨진 회로의 상을 만들고 이를 렌즈를 통해 4:1 또는 5:1 정도로 축소해 감광액을 펴 바른 기판에 투영한다. 기판이 놓여 있는 아래 판이 이동하면서 각 칩에 회로를 정밀하게 새긴다.

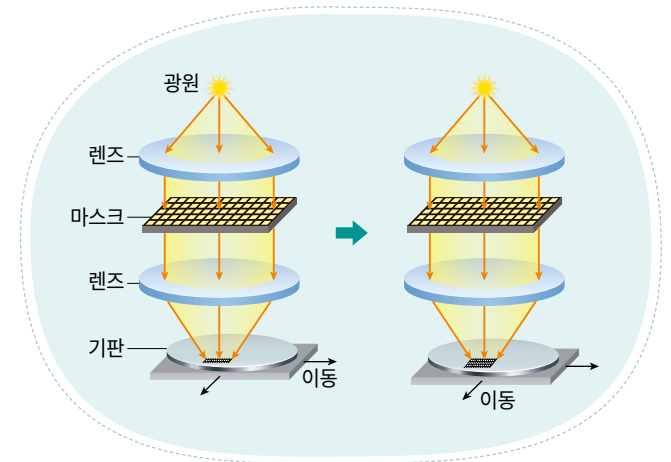


그림 III-16 노광 과정

스스로 확인

- 반도체 소자나 디스플레이 제작 공정에서 매우 정밀한 회로를 기판에 인쇄하는 데 () 이라는 광학 기술이 쓰인다.
- 포토 리소그래피 공정에서는 미세 회로를 만들기 위해 노광 과정을 거친다. (O, X)

스스로 정리

공유 포토 리소그래피 과정을 표현하는 인포그래픽이나 영상 등을 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.